

北海道横断自動車道整備がもたらす人口のストロー効果に関する研究 夕張-十勝清水間の開通を対象として

その他（別言語等）のタイトル	Study on a Straw Effects by the Highway Construction -A case of Yuhbari-Shimizu Highway-
著者	佐々木 恵一, 田村 亨, 榎谷 有三
雑誌名	土木計画学研究・論文集
巻	18
号	1
ページ	155-161
発行年	2001-09
URL	http://hdl.handle.net/10258/983

doi: [info:doi/10.2208/journalip.18.155](https://doi.org/info:doi/10.2208/journalip.18.155)

北海道横断自動車道整備がもたらす人口のストロー効果に関する研究 —夕張-十勝清水間の開通を対象として—

Study on a Straw Effects by the Highway Construction - A case of Yuhbari - Shimizu Highway -

佐々木 恵一*, 田村 亨**, 榎谷 有三***

Keiichi SASAKI, Tohru TAMURA, Yuzo MASUYA

1. はじめに

北海道産業構造調査(1998 年)¹⁾では、北海道を道央・道南・道北、そしてオホーツクの4地区に分割して、各地区の特化度の高い産業を生かしつつ自立した地域育成を推進する方針が提唱されている。しかし現実には、地方部からの札幌都市圏への人口流入が進んでおり、現在札幌都市圏においては北海道全体の約50%の人口が集中している。

北海道は広域分散型社会構造と言われ、高速道路による面的連携を考慮して社会基盤整備が行われてきた。しかしながら、時間距離の短縮が結果として札幌都市圏への人口集中を引き起こしている。今後、北海道に投入される公共事業費が削減される可能性を考慮すると、交通社会基盤整備により変化する地域間相互の関係性を含む評価モデルにより、より効果的な社会基盤整備位置・整備順位を検討する必要がある。

本研究は、空間相互作用を取り込んだ都市成長モデルである P. Allen モデル²⁾を基に、今後の高規格道路整備が人口動態に与える影響を実証的に分析することを目的とする。

2. 問題の所在と研究の構成

2.1 問題の所在

本研究では、1998 年に一部供用開始された日高自動車道をとりあげて、人口のストロー効果に関する仮説を検討する。北海道の人口変動を14支庁別に見ると、札幌を中心とする石狩支庁に吸収されていることがわかる(図8参照)。日高-石狩支庁間の人口動態についてもこれと同様である。しかし、1988 年頃からの日高支庁の人口減少率は、自然減とは考えにくく、日高自動車道整備の計画決定がもたらす影響と考えられる(表1、図1)。日高信用金庫へのヒアリングでは、ちょうどこの頃から軽種馬の生産調整が始まり、その影響もあらうが基本的には高規格道路整備計画が人口減に拍車をかけたであろうとのことであった。

ここで『中核都市(札幌)から1時間圏の都市の人口は安定し、またそれよりも離れた都市(日高支庁にある

都市)については、人口のストロー効果が現れるのではないか』という地域計画学上の仮説が生まれる。

本研究では、分析の単位を都市ではなく支庁とした。これは、地域間人口移動を解析するモデルのキャリブレーションを可能にするためである。このため、上記の仮説における1時間圏が明示的に分析されない。しかし、石狩支庁と日高支庁という単位では、モデルを使ってストロー効果の存在を検討できる。そして、このモデルの現状再現性が確認できれば、データの外挿となるが、モデルを拡張して、北海道の重要な検討課題である夕張-十勝清水間の高規格道路開通に伴うストロー効果の有無が検討できる。なお、石狩支庁と十勝支庁間は、時間距離で約3時間である。

表1 日高自動車道工事状況

計画決定	工事開始	工事終了	
1989年	1988年	苫小牧～沼ノ端西 1998年3月23日	苫小牧～厚真 1998年7月10日
1988年、国道235号苫小牧～浦河間を6車線にする工事が始まる。翌1989年、工事中国道235号を日高自動車道とする計画が決定する。			

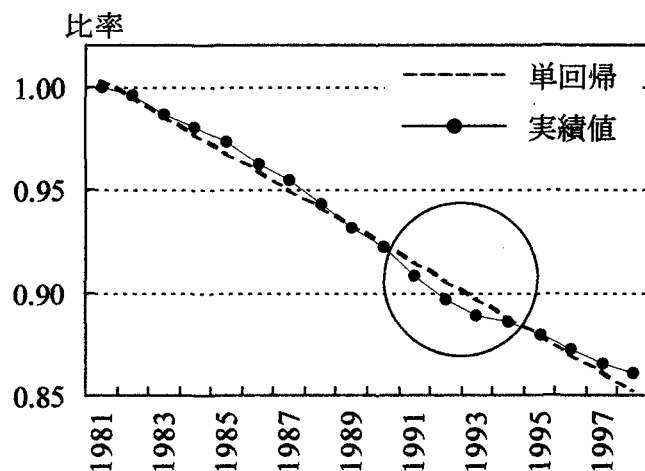


図1 日高支庁の人口の伸び率

2.2 研究の特長と構成

本研究の特長は、P. Allen モデルの実用化への改良にある。1981 年の P. Allen モデル²⁾は理論形の提示であり、1990 年の山口らの分析³⁾では実用化を試みているものの都市機能が明示的にモデルに取り込まれていない。本研究における改良点は、3章2節で述べるが、①都市機能(k)の閾値設定と、②都市機能の明示、の2点である。

本研究の構成は、図2に示すとおりである。3章にお

keyword: 北海道、ストロー効果、人口分布、自己組織化モデル

* 正会員 工博 函館工業高等専門学校助手 環境都市工学科
TEL & FAX : 0138-59-6498

E-mail : sasaki@hakodate-ct.ac.jp

** 正会員 工博 室蘭工業大学助教授 建設システム工学科

*** 正会員 工博 専修大学北海道短期大学教授 土木科

いて P. Allen モデルと実用化への改良方法をまとめる。4 章では第 1 の改良点である閾値の設定とその有効性について、5 章では第 2 の改良点である都市機能のモデルへの明示的取り込みとその有効性について、まとめる。そして、6 章では、改良されたモデルを用いて、本研究の目的である高規格道路整備がもたらす人口のストロー効果を検討する。

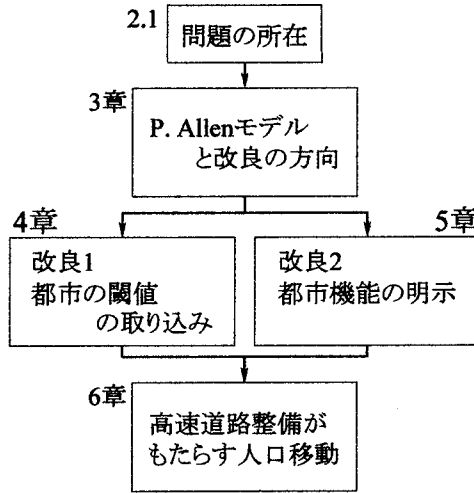


図 2 研究のフローチャート

3. 都市の自己組織化モデル³⁾⁴⁾

3.1 P. Allen モデルの位置付け

地域間の相互作用をモデル化するこれまでの研究の課題は、多地域モデルへの拡大と動学化にあった。現在のこの分野の研究は、応用一般均衡分析として、これら両方の課題が解決され、既に実用化されている。

ところで、本研究で扱う P. Allen モデルは、自己組織化プロセスを取り入れた地域人口形成モデルと言われている⁵⁾。このモデルの最大の特徴は、多地域の動学モデルでありながらモデル構造が簡単なことである。すなわち、都市機能と都市間距離の空間的变化が都市の雇用量に影響を与え、これが人口の社会増減を生む、という構造である。

P. Allen モデルは、20 年前の都市地理学者の理論ではあるが、このモデルの簡便性に意義を見出して、本研究で取り上げ、実用化の可能性を検討することとした。

3.2 P. Allen モデル

P. Allen 等は n 個の都市からなる都市間の相互依存関係を明示し、自己組織化プロセスを組み込んだ都市人口モデルを提案しているが、その構造は以下のように表現される。

$$\frac{dx_i}{dt} = b_i x_i (J_i^0 + \sum_{k=1}^4 J_i^k - x_i) - m_i x_i + r \left\{ \sum_{j \neq i} x_j^2 \exp(-\beta d_{ij}) - x_i^2 \sum_{j=1}^n \exp(-\beta d_{ij}) \right\} \quad (1)$$

$$\frac{dJ_i^k}{dt} = \alpha J_i^k (M_i^k - J_i^k) \quad (2)$$

$$M_i^k = \lambda_i^k D_i^k \quad (3)$$

$$D_i^k = \sum_{j=1}^n \frac{x_j \varepsilon^k}{(P_i^k + \phi^k d_{ij})^\varepsilon} \cdot \frac{A_{ij}^k}{\sum_{r=1}^n A_{rj}^k} \quad (4)$$

$$A_{ij}^k = \frac{\left[\gamma - \frac{1}{\delta + \rho^k (x_i - x_k^{\text{th}})} \right]^I}{(P_i^k + \phi^k d_{ij})^I} \quad (5)$$

t : 時間変数

x_i : i 都市人口

b_i : 出生、転入による人口増加を表すパラメータ

m_i : 死亡、転出による人口減少を表すパラメータ

J_i^0 : i 都市基礎雇用可能量

d_{ij} : i, j 都市間時間距離

x_k^{th} : 都市機能 k を持つための人口閾値

J_i^k : i 都市の都市機能 k による雇用可能量

M_i^k : i 都市の都市機能 k に対する潜在需要に対応する雇用需要量

D_i^k : i 都市の都市機能 k に対する潜在需要

A_{ij}^k : i 都市から見た j 都市の都市機能 k の魅力度

P_i^k : 都市機能サービス k の価格

ε^k : 人口一人当たりの都市機能サービス k の需要量

ϕ^k : i, j 都市間の距離に関する交通コスト

λ^k : i 都市への都市機能サービス k の単位需要量に対応する都市機能 k への潜在雇用量

$\alpha, \beta, \gamma, \delta, \rho^k$: パラメータ

上記の式(1)から(5)の意味するところは以下のようになるが、説明の分かりやすさから最後の(5)から説明する。

(5)は j 都市の住民が i 都市に立地する都市機能 k の魅力度の評価値を表している。(5)の分母は都市機能サービスの価値と2地域間距離コストを表していることから、遠距離にある都市機能サービス魅力度は薄れることになる。また分子はその地域の人口が多ければ魅力度は向上するというを示している。

(4)は i 都市に立地する都市機能 k に対する潜在需要を表している。右辺の第1項は、需要量が価格および距離コストに対して右下がりであることを示している。右辺の第2項は、 j 都市の住民が i 都市の都市機能サービス k を選好する確率がその都市の相対的魅力度に対応していることを示している。

(3)は i 都市に立地する都市機能 k に対する潜在需要量を供給するために必要とされる雇用者数を表している。(2)は(3)から導かれる潜在需要量 M_i と現実の雇用可能量 J_i とのギャップから、新たな雇用可能量の増分が決定されることを表している。

都市機能については、 $k=1,2,3,4$ で低次から高次の都市機能を表し、都市人口が人口閾値 x_k^{th} 以下のときに

は $(k-1)$ 番目までの都市機能しか持たず、人口閾値 X_k^u を超えたときに新たに k 番目の都市機能が整備されるものとしている。

このような都市の階層構造については、都市機能の固定費と考えることが出来る。例えば、小売り店舗(コンビニエンスストアなど)においては、一日の集客数は比較的少なくても運営できる一方で、大型店舗においてはある一定の集客数(シェア)を確保できなくては採算が合わないため存在しない。

(1)は右辺の第1項において、雇用可能量に応じた i 都市の人口増分が決まることを意味し、第2項において他地域との人口転出入がそれぞれの人口圧力および距離によって決まることを示している。

この様に人口が与えられると、都市の魅力度が算出され、都市機能を形成する。そしてその都市機能に対する需要が発生し、雇用誘発が生まれ、雇用量の変化が起こる。雇用量の変化は都市人口の変化(自然増減・地域間移動)を引き起こす。P. Allen のモデルはこのプロセスを繰り返すことにより、多地域間の人口動態をシミュレートしているモデルであると解釈できる。

3.2 モデルの改良方向

本研究で、モデルを改良した点は2つある。1つは、P. Allen モデルによって理論化されているものの、実際への適用において検討されていない都市機能の閾値の扱いである。他の1つは都市機能を明示的にモデルに取り込むことである。

第1の点は、都市機能 (k) の閾値の設定であり、具体的な方法は4章で示す。ここで留意すべき点は、P. Allen モデルの式(1)から(5)の全てに、 (k) が関連していることである。すなわち、閾値の議論は、改良点の第2にあげる都市機能の内容に関わるものではなく、都市機能が不連続に人口動態に関わると考えて設定するものである。なお、山口らの分析³⁾では閾値を経験的に与えているのみであり、その意味は明示されていない。

第2の点は、式(5)の改良である。都市の魅力度は、人口が増加するに従い一定の値に収束し、その影響力は距離に反比例する。式(5)は地理学上の経験則から導いたとされており、文献2においてもその具体的な意味合いについては触れられていない。本研究はこの部分を都市内に配置される厚生施設によるサービス水準として定式化を試みた。この具体的な改良方法は5章で示す。なお、山口らの分析³⁾ではこの検討はされていない。

本研究でモデル化しないが、もう一つの改良点がある。それについて以下で概念のみ述べる。都市機能に対する潜在需要(4式)は、右辺第2項で都市が i 都市の都市機能の利用率を算出している。そこに人口を乗ずることにより利用人数を算出し、距離によって減衰するようになっている。これを、全都市について合計すると、 i 都市の潜在需要が算出される。この潜在需要量の増加は、

雇用の需要を増加させると考えると、 λ_i^k は雇用誘発係数と考えることが出来る。すなわち、産業連関表により i 都市の潜在需要 D_i^k を都市機能 k に対する最終需要 F_i^k とすると、

$$\text{最終需要 } F_i^k \text{ の雇用誘発係数 } \lambda_i^k = \sum_{i=1}^n l_i X_i^k / \sum_{i=1}^n F_i^k \quad (6)$$

ここで、 l_i : 産業 i の雇用係数、 X_i^k : 生産誘発額となり、この雇用誘発係数を(3)式の λ に導入する考え方も取れる。また(2)式の雇用の増分は、雇用量が必要雇用量に一気に到達するのではなく、時間をかけて差が埋まっていくようになっている。その間はロジスティック曲線のような減衰関数を当てはめるべきであろう。

最後に、雇用の増分が求まると、人口の変分が求まる。(1)式の右辺第一項は出生に関わる人口増分、第二項は死亡による減少分、そして第三項は地域間の人口移動をグラビティモデルで表現しており、この式の改良はない。

4. モデルの改良1(都市機能 (k) の閾値の設定)

4.1 都市機能 (k) の閾値設定

本モデルは、地域間の人口分布と雇用機会の関係から人口分布の動学化を目的としていることから、本モデルを利用するに当たって、都市機能をどの様に定義するかという問題がある。この都市機能は、各都市の人口が人口閾値を越えると、より高次の都市機能が不連続的に発現するという形でモデルに組み込まれている。この概念は、図3に示すとおりである。

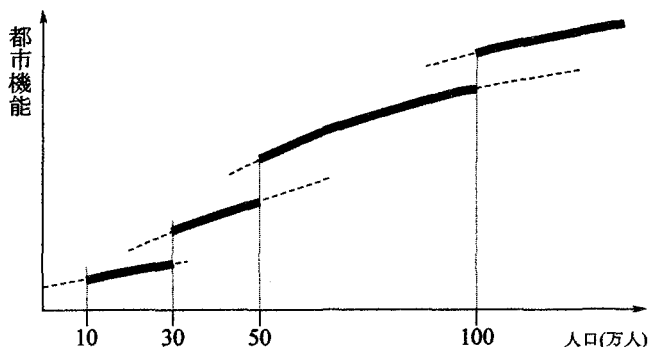


図3 人口規模と都市機能発現の不連続性の概念

本研究ではこの点を明らかにするため、北海道の各産業の就業者との関係から分析を進めた。なお、分析に用いたデータは平成5年、9年の北海道市町村勢要覧より、第1次・第2次・第3次産業の就業者数を調べ、支庁単位に集計し、分析を進めた。

以降、分析は支庁単位で行なっており、誤解を招く恐れがあるため、「都市」を「支庁」と改めて記す。図4は北海道の支庁規模と産業構造を示したもので、これから3つのことが分かる。まず、第1次産業就業者の全就業者に占める割合は最も低く、人口100万人前後で頭打ちになる。次に、第2次産業の就業者は支庁間人口と

ともに増加するものの伸び率は低く、かつ、ほぼ一定の比率で変化している。そして、第3次産業の就業者は、人口の増加に伴いその増加率も上昇している。各産業構成からみると、都市の規模が大きくなるにつれて、第1次産業の規模は縮小し、第3次産業の割合が高くなる。

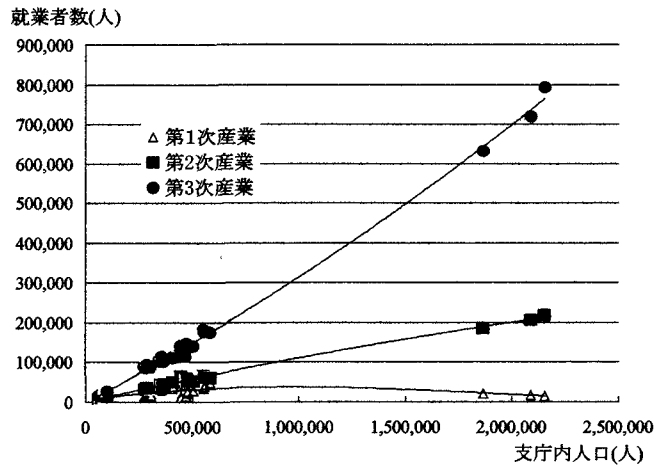


図4 支庁内人口と就業者数の関係

本研究では、この産業就業者の比率が変わり支庁の機能が変化する人口を閾値と考えている。図4では不明確であるが、支庁内人口を10万人単位で変化させて産業構成を調べてみると、次のことが分かった。人口10万人以下の支庁では、第1次産業が25～30%を占め、人口の増加とともにその構成比が激減する。人口が30万人を超えると第1次産業の就業者は増加し、50万人を超えると減少に転じる。人口が100万人を超えると第3次産業が急激に伸びてくる。

そこで、表2に示すように、閾値を支庁内人口規模で、10万人、30万人、50万人、100万人の4段階で設定することとした。

表2 産業別就業者比率

	構成比		
	第1次産業	第2次産業	第3次産業
10万人	0.26	0.24	0.50
30万人	0.11	0.25	0.65
50万人	0.15	0.25	0.60
100万人	0.09	0.22	0.69

4.2 パラメータの推計と改良の有功性

モデル式(1)から(5)については、実際のデータを用いてパラメータを推定する必要があるが、支庁機能の出現については不連続関数となるため、通常の統計的推定は困難であった。そのため最初に仮想数値シミュレーションを行い、パラメータ変化に対するモデルの変化を調べたのち、パラメータセットを繰り返し計算で求めた。その結果得られたパラメータ値は以下のとおりである。

$b_i = 0.003 \quad m_i = 0.06$
 $\alpha = 0.028 \quad \beta = 2.3 \quad \gamma = 1.1$

$\delta = 10 \quad \tau = 1 \quad P_i^k = 1$
 $\varepsilon^1 = 0.25 \quad \varepsilon^2 = 0.15 \quad \varepsilon^3 = 0.1 \quad \varepsilon^4 = 0.0$
 $\rho^1 = 1 \quad \rho^2 = 0.2 \quad \rho^3 = 0.1 \quad \rho^4 = 0.01$
 $\phi^1 = 1 \quad \phi^2 = 0.15 \quad \phi^3 = 0.1 \quad \phi^4 = 0.01$
 $I = 10 \quad e = 1$

以上のパラメータを用いて1975～2020年まで5年おきの北海道の人口動態変化を再現した。ここで、支庁機能kが出現する人口閾値の設定は、第3次産業の比率が高いほどより高次の支庁機能を有しているとして、各支庁別の産業別就業人口構成比と人口数に対応して決定した。また支庁間距離は、自動車による各支庁の中心間をとり1975～1980及び1980～1985年の時間距離を用いることによって高規格道路の整備前の場合を再現した。

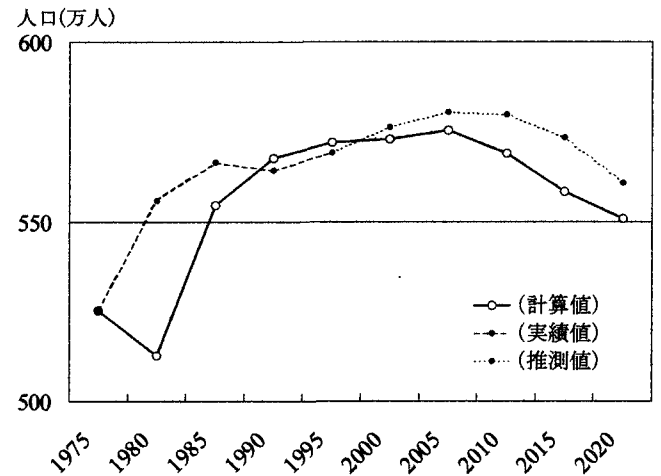


図5 北海道全体の人口の再現値

図5にモデル推計の結果を計算値として示す。図中の推測値とは21世紀の国土のグランドデザイン⁶⁾により日本全体の人口推移を参照し、北海道においてもその比率と等しいことを前提として求めた値である。図より、1980年の計算値が実測値と大きく乖離しているが、この理由は十分にわからない(今後の課題)。しかし、1985年以降の各支庁人口の予測値と実績値の相関係数は0.9947とほぼ一致している。2010年以降はこの推測値よりも低い計算値となっているが、推計値の仮定を考えると、凡そ、一致していると言える。閾値を導入しない場合の計算を行っていないためモデル改良の有効性を直接議論できないが、閾値を導入することでモデルの実用性が高まることは確認できた。

5. モデルの改良2(都市機能の明示)

5.1 モデル式

支庁機能として、教育、医療、商業立地数、施設へのアクセシビリティなどがある。本研究では、1人当たりの小売業、年間商品販売額、病床数、自動車保有台数を考える事とした。ここでは、日高支庁の人口が石狩支庁に吸い上げられているという事実を基に、新たなモ

確に推計していることが分かった。以上より、都市機能を明示的に取り込んだモデルの実用性が確認できた。

$$A_{ij}^k = \frac{q_{ij}^{kI}}{(P_i^k + \phi^k d_{ij})^I} \quad (7)$$

$$q_{ij}^k = \frac{1}{1 + e^{-u_{ij}}} \quad (8)$$

$$u_{ij} = a_{ij} \left(\frac{X_i}{x_i} - \frac{X_j}{x_j} \right) + b_{ij} \left(\frac{Y_i}{x_i} - \frac{Y_j}{x_j} \right) + c_{ij} \left(\frac{Z_i}{x_i} - \frac{Z_j}{x_j} \right) + d_{ij} \quad (9)$$

$$Y_i: i \text{ 支庁の病床数}$$
 Z_i : i 支庁の自動車台数 x_i : i 支庁の人口 $a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}$: パラメータ

これは、P. Allen モデルの式(5)に新たな工夫をしたことを意味する。人口は指数関数的に増加した後、徐々に逓減してゆくことを考慮して、魅力度の関数をロジスティックモデルとした。

4.1.2 パラメータ推定と改良の有効性

1978、1980、1982、1988、1991、1993、1997 年の7年間のデータ⁷⁾を入力し、ロジットモデル(7)のパラメータ推定をしたのが表 3 である。(9)式は石狩・日高両支庁について1人当たりの年間商品販売額、病床数、自動車保有台数の差を算出している。ここで、1人当たりの年間商品販売額が大きい支庁では自動車保有台数が小さくなっており、パラメータの符号は反対になっている。

表 3 分析結果

説明変数		偏回帰係数	t 値
小売業、年間商品販売額 (百万円)		0.0442	0.1228
病床数		14.0490	2.5409
自動車台数		-3.4543	-12.5292
定数項	日高からみた石狩	-2.4609	-54.6751
	石狩からみた日高	2.4609	-54.6751
重相関係数		0.9954	

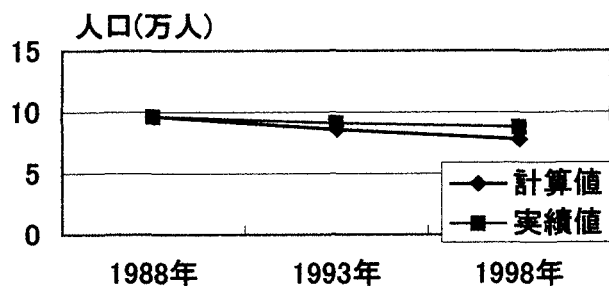


図6 日高支庁の人口推移

このパラメータ値を使い、日高-石狩支庁の関係が 14 支庁間でも成立すると仮定して、14 支庁間モデルを構築した。図 6 は、モデルの妥当性を検討するため、1988,93,98 年の計算値と実績値の比較をしたものである。これより、日高～石狩支庁間の人口移動をほぼ的

北海道の高規格道路⁸⁾は図7に示すとおりである(平成11年10月30日現在での供用区間は実線で示し、計画区間は点線で示されている)。本研究では、厚真一静内、夕張一十勝清水、旭川一名寄、長万部一函館、秩父別一留萌間が2020年に供用された場合について、本研究で改良したP. Allenモデルを用い2040年までの人口を予測した。

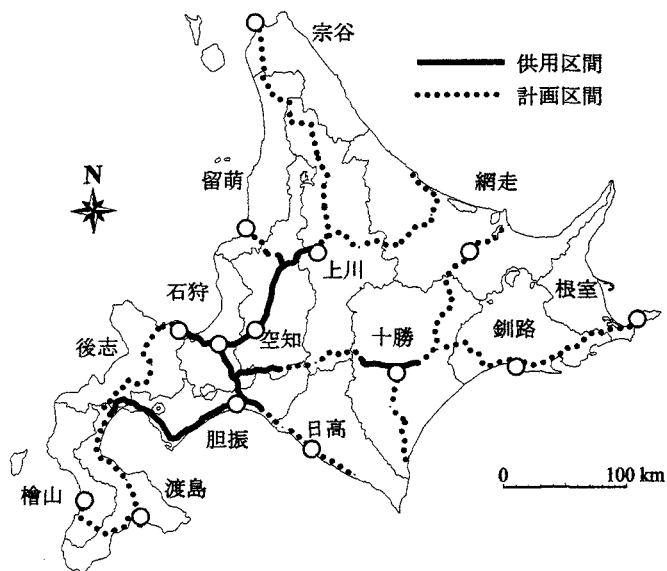


図 7 高規格道路網

図 9 において北海道の高規格道路整備における 14 支庁の人口予測を示した。道路整備によって、各支庁と札幌圏との時間距離は大きく短縮されるが、道東部の網走、釧路、根室支庁についてはさほど大きな短縮とはならない。図 8 は 1975 年から 1995 年までの人口予測である。図 8 と図 9 を比較してみると、2020 年以降、道央部の人口は急激な増加をすることなく安定していることが分かった。また 2020 年以降、十勝圏においては人口のストロー効果により人口減少が進むが、釧路・根室支庁では人口減がゆっくりと進んでいることが分かった。

7. おわりに

本研究は、夕張-十勝清水間の高規格道路整備がもたらすスロー効果を計量経済モデルにより、検証したものである。その結果以下のことが分かった。

①改良 P. Allen モデルを構築し、日高-石狩支庁間の高規格道路がもたらすスロー効果を実証してモデルの妥当性を確認した。

②このモデルを用いて、夕張-十勝清水間の道路整備効果を分析した結果、札幌都市圏から3時間圏となる十勝圏においては人口減少が生じることが確認された。

今後の研究課題は社会条件に適応するモデルを作

成することである。更に経済構造を考慮した、地域間で取引される産業の生産や雇用を誘発する要因を含んだモデリングを行うことが必要である。

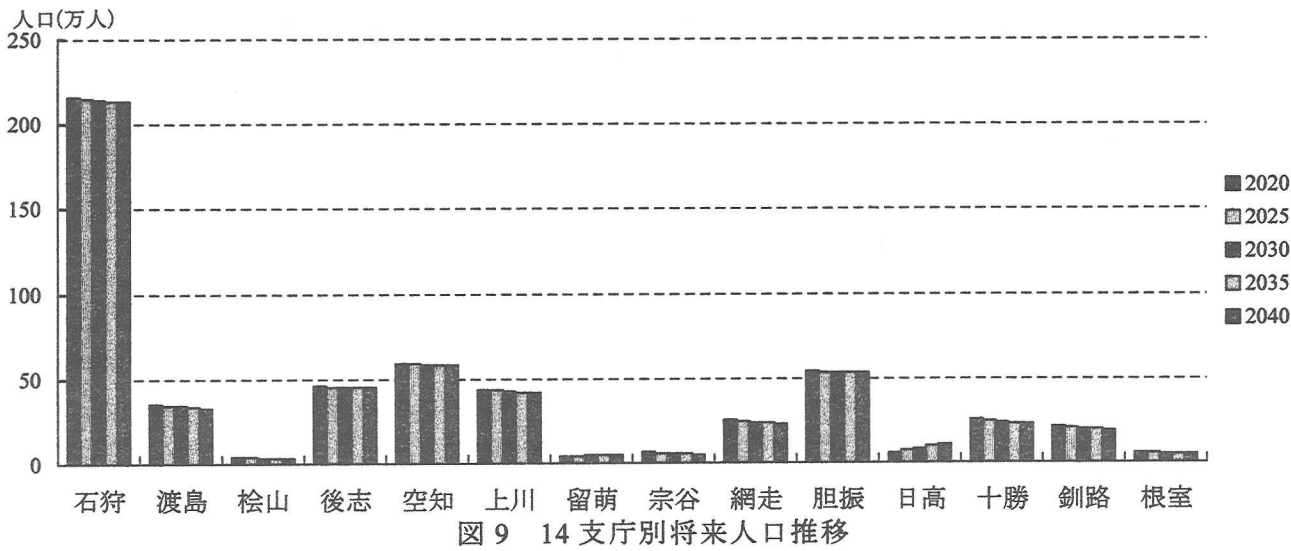
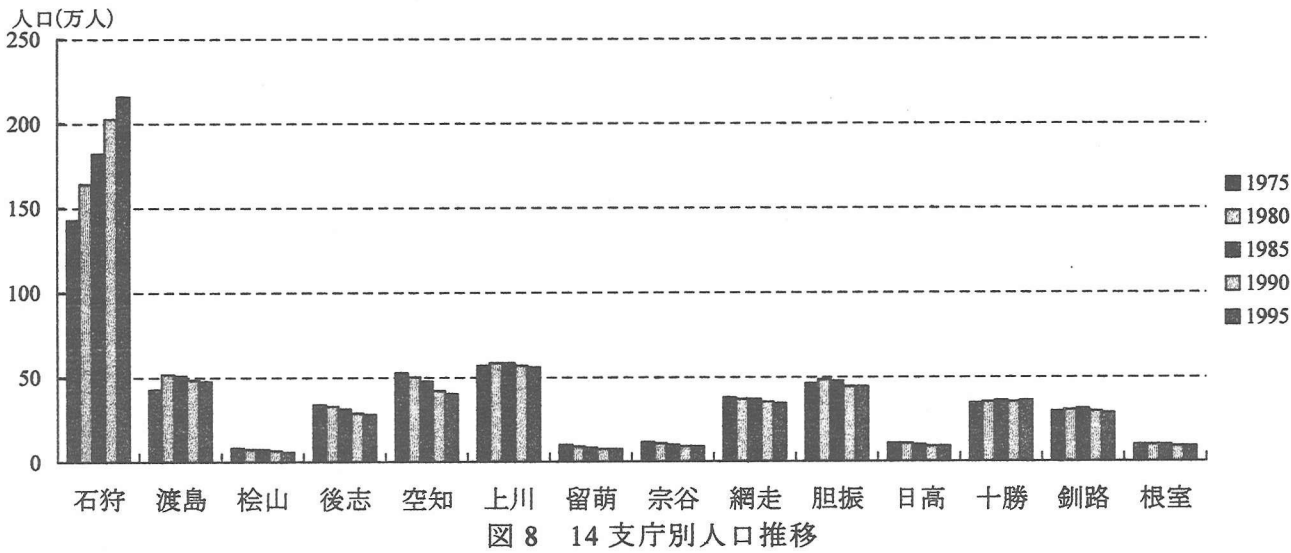
最後に、本研究を進めるにあたり豊橋技術科学大学宮田譲先生には P. Allen のモデルに対して的確なご指摘を頂いた。また、(株)住友建設、塚崎宗司氏には計算の一部を手伝って頂いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1) 北海道開発局：北海道産業構造調査(1998)
 2) Allen. P. M. and Sangller. M. (1981) : Urban Evaluation, Self-organization and Decision - Marking, Environment and Planning A, Vol. 13 pp.

167-183

3) 山口、宮田、山村：地域人口分布の自己組織化モデルについて、土木学会北海道支部論文報告集 No.46、pp475～480(1990)
 4) 藤田昌久：複雑系としての空間経済学、京大経済研究所ディスカッションペーパー、(1998)
 5) 石井威望、他：シナジエティク・ビジョン、pp79-88、N TT出版(1995)
 6) 国土審議会計画部会：21 世紀の国土のグランドデザイン、(1995. 12 月)
 7) 北海道統計協会：北海道市町村勢要覧(1978～1997)
 8) 北海道開発技術センター：高規格幹線道路情報誌 Vol10(1999)



北海道横断自動車道整備がもたらす人口のストロー効果に関する研究－夕張-十勝清水間の開通を対象として－

佐々木 恵一, 田村 亨, 榊谷 有三

P. Allen は 1979 年に人口と雇用の空間分布の相互作用に基づいた、中心地の動的なモデルを示した。そのモデルは、中心地理論を用いて地域の人口分布の変動は雇用機会とそれに伴う人口への跳ね返りによって成長する。その結果はシステムの変動が大きな役割を果たす中心地の相互影響の動学モデルである。また、長期の時間スケールの中で公共事業の影響を予測できる。

本研究では、夕張-厚真間の高規格道路整備がもたらす人口分布への影響を分析した。

Study on a Straw Effects by the Highway Construction - A case of Yuhbari - Shimizu a Highway -

Keiichi SASAKI, Tohru TAMURA, Yuzo MASUYA

In 1979, P. Allen presented a dynamic model of central places based on the mutual interaction of the spatial distribution of population and employment opportunities. The model is developed in which the change in the population distribution of a region is linked to the employment pattern and this latter in turn to the population distribution through the concepts of central place theory. The result is a dynamic model of interacting urban centers in which the fluctuations of the system play a vital role, and with which the effect of an infrastructure decision can be estimated in the long term.

This paper is analyzing the effects, which is related distribution of regional population by Yuhbari - Shimizu Highway.
